

Sedimentación salina actual en las lagunas del norte de Alcázar de San Juan (Ciudad Real)

Por J. SORIANO (*), R. MARFIL (**) y J. A. DE LA PEÑA (**).

RESUMEN.

Bajo condiciones climáticas de semiaridez, y a favor de zonas endorreicas, se desarrolla una importante sedimentación salina de naturaleza fundamentalmente sulfatado-magnésica, en pequeñas lagunas de régimen no permanente («playa lakes»).

Se hace la hidroquímica de las lagunas y se identifica la mineralogía de las sales precipitadas mediante difracción de rayos X. Las especies encontradas son: yeso, hexahidrita, halita, epsomita, bloedita, kieserita, dolomita y calcita.

Se discute la génesis de estos depósitos, así como la de las estructuras efímeras presentes en ellos.

ABSTRACT.

An important saline sedimentation, fundamentally composed of sulphate-magnesium deposits, is developed in small, non-permanent («playa lakes») ponds, under semiarid climatical and endorheic conditions.

The hydrochemistry of the ponds is analysed and the salts are identified by X-ray diffraction. The species found are: gypsum, hexahydrate, halite, epsomite, bloedite, kieserite, dolomite and calcite.

The genesis of these deposits, as well as their ephemeral structures, is discussed.

INTRODUCCIÓN.

Como continuación de nuestras investigaciones sobre sedimentación salina actual en la región de La Mancha, de la que se pueden encontrar datos complementarios en ORDÓÑEZ *et al.* (1973), BUSTILLO *et*

al. (1975) DE LA PEÑA *et al.* (1975) y MARFIL *et al.* (1975), se estudian las lagunas de Salicor y de los Pájaros en las cercanías de Alcázar de San Juan, figura 1.

La laguna de Salicor se encuentra situada en la Hoja número 687 (Villacañas) del Mapa Topográfico Nacional a escala 1:50.000, siendo las coordenadas de su centro: longitud = 0° 30' 40" E, y latitud = 39° 27' 50" N. Su forma es cuadrangular-ovalada, alargada en dirección NE-SW, con longitud y anchura máximas 1.100 m. y 800 m. respectivamente. Su altitud sobre el nivel del mar es de 680 m. En todo el área de influencia de sedimentación salina se desarrolla una vegetación halofítica o de estepa salina característica, apareciendo asociadas las especies «salicornia», «suaeda» y «solola» (PARDO, 1948).

La laguna de los Pájaros está enclavada en la Hoja número 713 (Alcázar de San Juan), correspondiendo los valores de su centro a las siguientes coordenadas: longitud = 0° 28' 50" E y latitud = 39° 27' 15" N. Su forma es algo romboidal con extensión máxima en dirección N-S, siendo su longitud y anchura máximas 860 m. y 600 m. respectivamente. Su altitud sobre el nivel del mar es de 690 m. (la mayor altitud de las lagunas de los alrededores). La vegetación característica que se asienta sobre esta laguna es idéntica a la mencionada en el caso anterior.

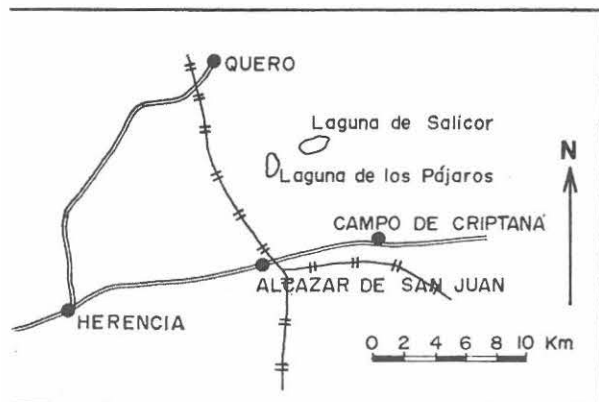


Fig. 1.—Esquema de situación de las lagunas estudiadas.

(*) Laboratorio Central de Ensayo de Materiales de Construcción, M. O. P., Madrid.

(**) Departamento de Petrología. Facultad de Ciencias Geológicas. Universidad Complutense. Madrid-3.

Se trata de lagunas estacionales no presentando ninguna de ellas afluentes ni desagües naturales, produciéndose en ambas una gran evapotranspiración. Las lagunas se encuentran asentadas sobre materiales impermeables triásicos: la de los Pájaros, sobre la unidad E (arcillas con intercalaciones de limolitas, carbonatos y yesos), y la de Salicor, sobre la unidad F (arcillas yesíferas y yesos); unidades descritas por YÉBENES *et al.* (1976).

CONDICIONES CLIMÁTICAS.

Debido a la influencia de los factores atmosféricos en el régimen hídrico de las lagunas en estudio, ha sido necesario realizar un análisis climático de la zona. Dicho análisis se ha efectuado sobre datos de 16 años (1958-1973) que han sido tomados por el Servicio Meteorológico Nacional en Alcázar de San Juan.

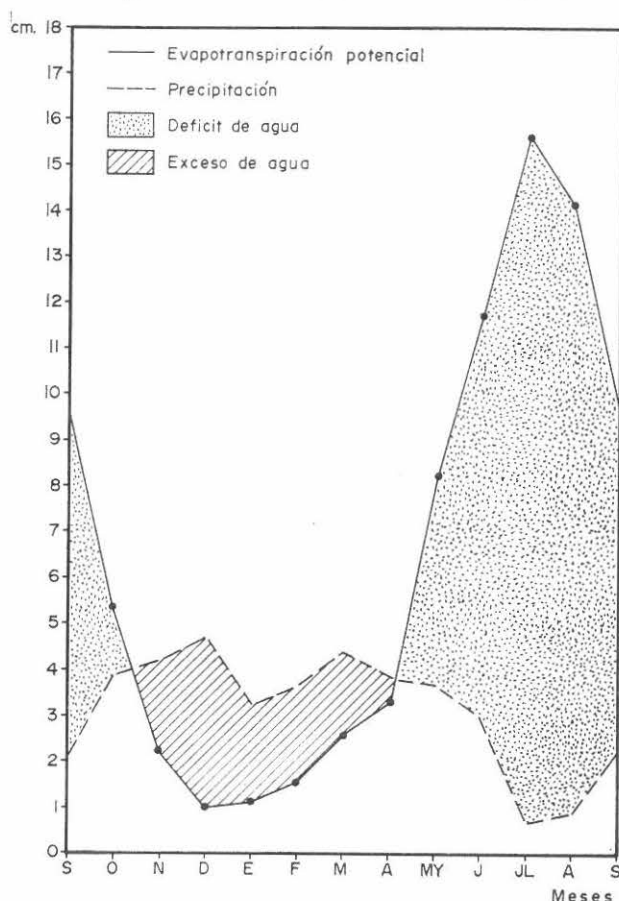


Fig. 2.—Precipitación y evapotranspiración potencial media mensual. Estación: Alcázar de San Juan.

A partir de estos datos se construyó la ficha hídrica, la cual se ha representado gráficamente (figura 2) para una mejor visualización de la misma.

De dicha ficha se deduce que la zona tiene una precipitación de 384 mm. anuales, faltándole 379 mm.

durante los meses de junio a octubre para cubrir el valor de su evapotranspiración potencial.

Para la clasificación climática de la zona se ha seguido el criterio de clasificación de THORNTHWAITE (en LORENTE, 1961). De acuerdo con los valores obtenidos el clima de la zona es de tipo DB'₂ db'₃; es decir, semiárido (D), mesotérmico (B'₂), sin ningún exceso de agua (d).

METODOLOGÍA DEL TRABAJO.

Muestreo.

En las dos lagunas se muestrearon los sedimentos salinos en direcciones radiales, mediante calicatas de 0,5 m. de profundidad, a fin de encontrar posibles zonaciones en las asociaciones mineralógicas. Dicho muestreo abarcó tanto las zonas de influencia de las aguas como sus playas.

En la laguna de Salicor se realizó, asimismo, una toma de muestras de sus aguas, las cuales cubrían las tres quintas partes de su superficie tras las lluvias de primavera. Dicho muestreo no pudo efectuarse en la laguna de los Pájaros por encontrarse desecada en los últimos tres años.

Técnicas de laboratorio.

Se realizó el análisis químico de las aguas de la laguna de Salicor, determinando SO₄⁼, Cl⁻, CO₃⁼, CO₃H⁻, Na⁺, K⁺, Mg⁺⁺ y Ca⁺⁺. Previamente se midieron los valores de pH.

La mineralogía de las sales fue identificada mediante difracción de rayos X.

RESULTADOS EXPERIMENTALES Y DISCUSIÓN.

Composición y clasificación de las aguas.

Las aguas analizadas fueron recogidas el día 14 de junio de 1975, siendo su temperatura en el momento del muestreo de 20°C.

La determinación del pH se efectuó inmediatamente de su entrada en el laboratorio y sus valores muestran pocas variaciones. Dichos valores, junto con los resultados del análisis químico, figuran en el cuadro I. Hemos de señalar que, además de los iones que aparecen en el cuadro, se investigó la posible existencia de NO₂⁻, Br⁺, Sr⁺⁺ y Li⁺, no apreciándose en los análisis ninguno de ellos, dentro del grado de determinación de las técnicas utilizadas.

La figura 3 corresponde a la representación de los diagramas modificados de Piper (DAVIES y WIEST, 1971) de los análisis químicos de las aguas estudiadas.

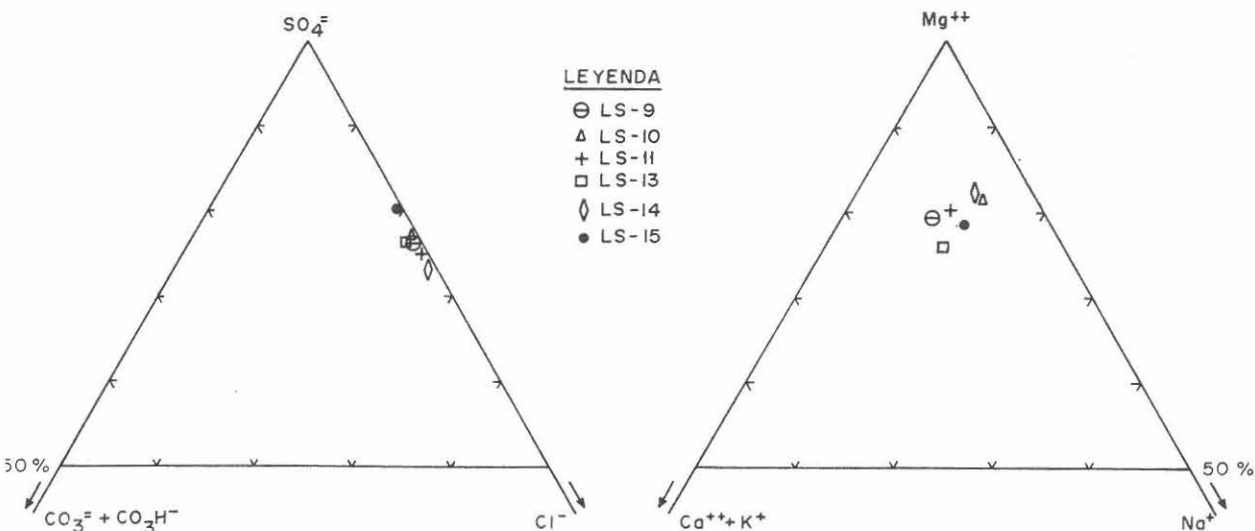


Fig. 3.—Diagramas del contenido en aniones y cationes de las aguas de la laguna de Salicor.

De acuerdo con estos datos observamos un predominio claro de $\text{SO}_4=$ y Mg^{++} , existiendo también cantidades apreciables de Cl^- y Na^+ y una menor cantidad de Ca^{++} y K^+ .

La procedencia de los iones $\text{SO}_4=$, Mg^{++} , Cl^- y Na^+ puede explicarse por el hecho de encontrarse la laguna asentada sobre materiales de la unidad F (fa-

cies Keuper) ricos en dichos iones. Parte del Mg^{++} quizás deba su origen a la dedolomitización sufrida por los materiales que constituyen las carnioles del límite Triásico-Jurásico. La poca concentración de Ca^{++} puede deberse a la precipitación continua de cristales primarios de yeso muy desarrollados en toda la zona de influencia de la laguna.

CUADRO I.

Análisis químicos de las aguas en meq/l y valores de pH.

Iones	LS - 9	LS - 10	LS - 11	LS - 13	LS - 14	LS - 15
Muestra						
$\text{SO}_4=$	5271,70	4817,82	5223,81	5119,71	4645,01	5277,08
Cl^-	1545,83	1379,40	1619,18	1537,37	1537,37	1263,75
$\text{CO}_3=$	35,00	28,00	36,66	29,33	18,00	27,33
$(\text{HCO}_3)^-$	19,67	7,37	4,75	16,39	26,22	12,78
K^+	168,84	168,84	179,07	179,07	168,84	127,90
Na^+	804,69	839,49	743,80	804,69	774,24	613,31
Mg^{++}	5435,85	5131,57	5550,98	5148,02	5205,59	5148,02
Ca^{++}	462,82	92,69	410,55	651,01	77,93	691,71
pH	7,9	8,0	7,9	7,9	7,9	7,7

Teniendo en cuenta la composición de estas aguas y la asociación salina precipitada, podemos clasificar esta laguna como de tipo sulfatado magnésico, de acuerdo con la clasificación dada por VALYASHKO (en STRAKHOV, 1970).

Estudio de la sedimentación salina.

La sedimentación salina de las lagunas puede considerarse como un depósito de "playa lake" (REEVES, 1968; VALYASHKO, 1952 y 1972), ya que se trata de lagunas que están asentadas en áreas deprimidas y planas que sólo se cubren temporalmente por las aguas de las lluvias, quedando durante el resto del año como superficies planas cubiertas de sales impregnadas en agua (salmuera intercrystalina).

En los depósitos salinos estudiados se desarrollan algunas estructuras, en general bastante efímeras, siendo las más importantes las siguientes:

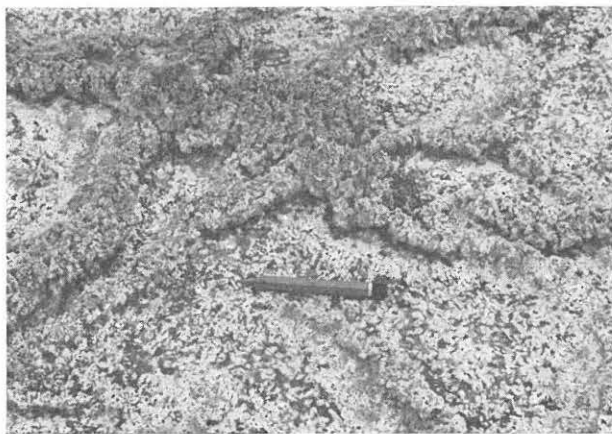


Fig. 4.—«Salt crusts» de la laguna de Salicor.

1. Costras salinas («salt crusts»). Fig. 4.

- a) En las zonas ocupadas por las aguas, como consecuencia de la evaporación y precipitación de las sales. Fig. 5.
- b) En las zonas periféricas a la ocupada por las aguas, como consecuencia de la formación de una película producida por el ascenso capilar de aguas de alta concentración salina. Fig. 5.

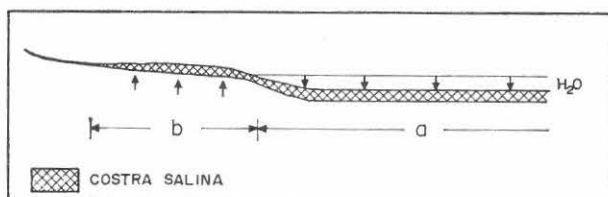


Fig. 5.—Modelo genético de las «salt crusts».



Fig. 6.—«Salt ridges» de la laguna de Salicor.

2. Grietas poligonales («polygonal cracks»).

Como consecuencia de la desecación que afecta a toda la superficie de las lagunas en la época de estiaje. Controlan, a su vez, la formación de las estructuras siguientes.

3. Crestas de sal («salt ridges»). Fig. 6.

Sobre las costras salinas de las lagunas (tipo a), en las épocas de total desecación, son muy espectaculares unas estructuras de planta poligonal irregular que en sección tienen una altura de 8 a 10 cms. máximo. Su control poligonal y la existencia de algas formando el "esqueleto" interno, nos hacen deducir la siguiente génesis (fig. 7):

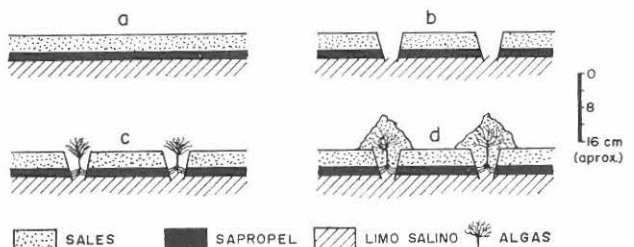


Fig. 7.—Modelo genético de las «salt ridges».

- a) Formación de la costra salina.
- b) Generación de grietas de desecación de planta poligonal irregular.
- c) Desarrollo de algas a favor de las grietas y del sapropel subyacente.
- d) Al ser máximo el estiaje, los ascensos capilares de agua provocan la aparición de eflorescencias sobre las algas, las cuales quedan totalmente incrustadas.

CUADRO II.

Asociación mineralógica de los sedimentos de la laguna de Salicor.

Muestra	Sales	Carbonatos	Minerales arcilla	Otros minerales
LS-1	Yeso-Hexahydrata	Dolomita		Cuarzo - Fpto. K
LS-2	Yeso	Dolomita-Calcita	Min. a 14 Å	Cuarzo
LS-3	Yeso-Halita	Dolomita-Calcita		Cuarzo - Fpto. K
LS-4	Yeso	Dolomita-Calcita	Min. a 14 Å	Cuarzo
LS-5	Yeso	Dolomita-Calcita	Min. a 14 Å	Cuarzo
LS-7	Yeso-Hexahydrata			Cuarzo
LS-8	Yeso-Hexahydrata-Epsomita-Halita			Cuarzo - Fpto. K
LS-16	Yeso	Dolomita	Min. a 14 Å	
LS-17	Yeso-Hexahydrata	Dolomita		
LS-18	Yeso	Dolomita	Min. a 14 Å - Illita	
LS-19	Yeso	Dolomita	Min. a 14 Å	Cuarzo
LS-20	Yeso	Dolomita-Calcita	Min. a 14 Å	Cuarzo
LS-21	Yeso-Hexahydrata	Dolomita-Calcita	Min. a 14 Å	Cuarzo
LS-22	Yeso	Dolomita-Calcita		Cuarzo - Fpto. K
LS-23	Yeso-Hexahydrata-Halita-Bloedita	Dolomita-Calcita		Cuarzo
LS-24	Yeso	Dolomita-Calcita	Min. a 14 Å	Cuarzo
LS-25	Yeso	Dolomita-Calcita	Min. a 14 Å	Cuarzo
LS-26	Yeso	Dolomita-Calcita	Min. a 14 Å	Cuarzo
LS-27	Yeso	Dolomita-Calcita	Min. a 14 Å	Cuarzo
LS-28	Yeso	Dolomita-Calcita	Min. a 14 Å	

CUADRO III.

Asociación mineralógica de los sedimentos de la laguna de los Pájaros.

Muestra	Sales	Carbonatos	Minerales arcilla	Otros minerales
LP-1	Yeso-Epsomita-Bloedita	Dolomita-Calcita		Cuarzo - Fpto. K
LP-2	Yeso	Dolomita	Min. a 14 Å - Illita	Cuarzo - Fpto. K
LP-3	Yeso-Halita-Kieserita	Dolomita	Min. a 14 Å	
LP-4	Yeso		Min. a 14 Å - Illita	
LP-5	Yeso-Hexahydrata-Halita	Calcita	Min. a 14 Å	Cuarzo - Fpto. K
LP-6	Yeso	Dolomita	Min. a 14 Å	
LP-7	Yeso-Kieserita-Epsomita		Min. a 14 Å - Illita	Cuarzo
LP-8	Yeso		Min. a 14 Å	
LP-9	Yeso-Hexahydrata-Bloedita		Min. a 14 Å	
LP-10	Yeso	Dolomita		Cuarzo
LP-11	Yeso	Dolomita	Min. a 14 Å	Cuarzo
LP-12	Yeso	Dolomita	Min. a 14 Å	
LP-13	Yeso		Min. a 14 Å	Cuarzo
LP-14	Yeso-Halita-Epsomita	Dolomita-Calcita		Cuarzo - Fpto. K
LP-15	Yeso-Hexahydrata	Dolomita	Min. a 14 Å	Cuarzo
LP-16	Yeso-Bloedita	Dolomita		Cuarzo
LP-17	Yeso-Hexahydrata		Min. a 14 Å	Cuarzo
LP-18	Yeso-Hexahydrata			
LP-19	Yeso-Hexahydrata		Min. a 14 Å - Illita	Cuarzo
LP-20	Yeso-Hexahydrata-Hemidrato		Illita	Cuarzo
LP-21	Yeso-Hexahydrata	Dolomita	Min. a 14 Å - Illita	Cuarzo - Fpto. K

Las asociaciones mineralógicas de las dos lagunas aparecen reflejadas en los cuadros II y III. Gran parte de las muestras analizadas corresponden a limos salinos, por lo que su contenido en detriticos (minerales de arcilla, cuarzo y feldespatos) ha sido también expresado.

De la observación de los mencionados cuadros, y teniendo en cuenta la situación de las calicatas de muestreo en cada una de las lagunas, se deducen las siguientes consideraciones:

I. Laguna de Salicor.

Existe una zonación en la aparición y variedad de sales según nos encontremos más o menos próximos a la zona cubierta por las aguas.

En las proximidades del agua se apreció un mayor contenido y variedad en los tipos salinos. Las sales más frecuentes en estas zonas son las siguientes: Yeso, hexahidrita, halita y bloedita.

Por el contrario, en las zonas más alejadas y en aquellos lugares que en la actualidad presentan síntomas de no haber estado cubiertos por las aguas durante bastante tiempo, la asociación mineralógica es mucho más simple, estando compuesta por yeso y, raramente, hexahidrita.

La variación vertical es más difícil de definir. No obstante, parece observarse un progresivo aumento de las especies salinas hacia zonas más profundas, apareciendo, por ejemplo, hexahidrita, halita y bloedita en calicatas en las que no aparecen superficialmente.

En aquellos depósitos que se presentan como limos salinos se aprecia la existencia de cuarzo, feldespato y minerales arcillosos (illita, interestratificados 14_c - 14_m y clorita) que deben provenir del Triás que forma el entorno natural de esta laguna.

La presencia constante de calcita y dolomita puede justificarse por la naturaleza de las áreas madres, aunque no debe descartarse una posible precipitación primaria de calcita y su posterior dolomitización, dadas las condiciones de aridez y salinidad del medio de sedimentación.

II. Laguna de los Pájaros.

En esta laguna también se confirma el hecho de una mayor variedad de tipos salinos hacia su centro. Esto se refleja en la presencia exclusiva de yeso y dolomita en las zonas marginales, mientras que, por el contrario, en la zona central aparecen: hexahidrita, epsomita, kieserita y halita junto con los minerales anteriores.

La asociación salina encontrada en la laguna de Salicor es similar a la dada por BUSTILLO *et al.* (1975) para la Laguna de Quero, geográficamente muy

próxima. En la laguna de los Pájaros hemos encontrado, además de la asociación salina dada por los autores anteriores, kieserita, que puede ser el producto primario que por hidratación da lugar a la aparición de epsomita (BRAITSCH, 1971).

Según el diagrama isotérmico a 25°C del sistema Na^+ , Mg^{++} , SO_4 , Cl^- y H_2O , VALYASHKO (1972), el orden de precipitación de las sales en los depósitos de tipo "playa lake" es el siguiente: Halita, bloedita, epsomita y hexahidrita; secuencia que puede ser la normal en los sedimentos que hemos estudiado. Sin embargo, la escasez de iones Na^+ en las aguas analizadas hace que la precipitación de halita y bloedita sea mínima, originándose fundamentalmente sulfatos magnésicos. Por otro lado, la disolución rápida de la halita por aguas de lluvia contribuye a su eliminación de los depósitos salinos.

BIBLIOGRAFÍA.

- BRAITSCH, O.
1971. *Salt deposits their origin and composition*. Springer Verlag. Berlín-New York, 279 págs.
- BUSTILLO, M.^a A.; GARCÍA, M.^a A.; MARFIL, R.; ORDÓÑEZ, S. y DE LA PEÑA, J. A.
1975. Estudio sedimentológico de algunas lagunas de la región manchega, sector Lillo-Villacañas-Quero (Prov. de Toledo) *Ilerda* (en prensa).
- DAVIS, S. N. and de WIEST, R.
1971. *Hidrogeología*. Ed. Ariel. 563 págs.
- LORENTE, J. M.
1961. *Meteorología*. Ed. Labor. 286 págs.
- MARFIL, R.; BERMEJO, E. P. y DE LA PEÑA, J. A.
1975. Sedimentación salina actual en las lagunas de la zona Corral Rubio-La Higuera (provincia de Albacete). *Estudios Geol.*, **31**, 543-553.
- ORDÓÑEZ, S.; GARCÍA, M.^a A. y MARFIL, R.
1973. Sedimentación actual: La laguna de Pétrola (Albacete). *Estudios Geol.*, **29**, 367-372.
- PARDO, L.
1948. *Catálogo de lagos de España*. Ministerio de Agricultura. Inst. Forestal de Investigaciones y Experiencias.
- PEÑA, J. A. DE LA; MARFIL, R.; ALVAREZ, C. and BERMEJO, P.
1975. Geochemistry of the recent saline sedimentation in the ponds of «La Mancha» (Spain). *IXth International Congress of Sedimentology*, Nice, **2**, 45-49.
- REEVES, C. C.
1968. Introduction to paleolimnology. *Developments in Sedimentology*, **11**, 228.
- STRAKHOV, N. M.
1970. *Principles of lithogenesis*. Vol. 3. Plenum Publishing Corporation. New York, 577 págs.
- VALYASHKO, M. G.
1952. Physico-chemical studies of the regime of Lake In-

- der. *Publ. of the All-Union Institute of Scientific Research in Halurgy*. Vol. 23.
972. Playa lakes -a necessary stage in the development of a salt-bearing basin. *Geology of saline deposits. Proc. Hanover Symp. 1968 (Earth sciences, 7)*. Unesco, 41-51.
- YÉBENES, A.; MARFIL, R.; SORIANO, J.; DE LA PEÑA, J. A. y DÍAZ, M.
1976. El Triás de Alcázar de San Juan (Región de La Mancha). *I Coloquio de Estratigrafía y Paleogeografía del Triásico y Pérmico de España* (en prensa).

Recibido el 29 de octubre de 1976.